科研过程多元评价体系与激励—以中科院某重点实验室为例*

刘鲁静[1,2]　钱力[1*]　刘会洲[1,3,4,5*]
[1]（中国科学院文献情报中心 北京 100190）
[2]（中国科学院大学经济与管理学院信息资源管理系　北京 100190）
[3]（中国科学院过程工程研究所绿色过程与工程重点实验室　北京 100190）
[4]（中国科学院大学化学工程学院　北京 100190）
[5]（中国科学院青岛生物能源与过程研究所　北京 100190）

摘要：
[目的] 科研评价改革已取得了阶段性进展，但仍然存在评价方式缺乏创新性、评价体系不健全等待解决问题。
[方法] 针对以上问题，本研究在现有科研评价和激励体系的基础上，设计了基于 ICDP 方法的科研过程多元评价体系，并建立了相应的科研过程多元评价平台。
[结果] 以中科院某重点实验室为案例，阐述了化学化工学科的指标体系架构，展示了总体评价和参与主体评价的计算过程。
[局限] 本研究所述的评价体系是考虑考核对象所在学科特点，采用主客观评价相结合的方式开展的，可能适用于与本学科相似的学科，其他学科可以参考评价体系设计原则，并据此设计符合本学科特色的评价体系。
[结论] 以关键节点信息存证和记录为特征的科研过程多元评价及激励，可有效解决科研改革中存在的突出问题，有利于科研过程生态的可持续发展。
关键词：多元评价　科研过程　ICDP　指标体系　激励体系
分类号：TP393

Research Process Multiple Evaluation System and Incentive Mechanism: A Key Laboratory of Chinese Academy of Sciences as an Example

Liu Lujing[1,2]　Qian Li[1,2*]　Liu Huizhou[1,3,4,5*]
[1](National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)
[2](Department of Information Resources Management, School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)
[3](CAS Key Laboratotry of Green Process and Engineering, Institute of Process Engineering, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China)
[4](School of Chemical Engineering, University of Chinese Academy of Science, Beijing 100049, China)
[5](Qingdao Institute of Bi-oenergy and Bioprocess Technology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266061, China)

* 本文系国家社会科学基金项目“大数据驱动的科技文献语义评价体系研究”（项目编号：21&ZD329）的研究成果之一。

Abstract:
[Objective] Reform of scientific research evaluation has made phased progress, but issues still exist, such as the lack of innovative evaluation methods and an incomplete evaluation system.
[Methods] To address these issues, this study, based on existing scientific research evaluation and incentive systems, designs a diversified evaluation system for the research process using the ICDP method, and establishes a corresponding platform for diversified evaluation of the research process.
[Results] Taking a key laboratory of the Chinese Academy of Sciences as a case, this paper elaborates on the index system architecture of the chemical engineering discipline and demonstrates the calculation process of overall evaluation and participant evaluation.
[Limitations] The evaluation system described in this study takes into account the characteristics of the subject being assessed and adopts a combination of subjective and objective evaluations. It may be applicable to disciplines similar to this one. Other disciplines can refer to the principles of evaluation system design and design an evaluation system that suits the characteristics of their discipline.
[Conclusions] A diversified evaluation and incentive system for the research process, characterized by information storage and recording at key nodes, can effectively solve prominent issues in the reform of scientific research, and is conducive to the sustainable development of the scientific research process ecosystem.
Keywords: Multiple evaluation research process ICDP index system incentive system

1 引言

科研评价对科研活动具有判断、预测、选择、导向、诊断、激励和合理配置资源等作用[1-2]。以论文数量、期刊分区为主要依据的评价体系在评价指标、评价方法和评价对象的选取上，难以满足时代需要及评价主体的期望[3-4]，主要存在以下问题。迷信以评价学术期刊影响力为评价基础的定量评价理论，例如《AICHE》作为化工领域内认可程度较高的期刊，在当前计算方法下仅在化工小类位列三区，这一问题深受领域专家诟病。学科门类繁多，科学学、计量学专家无法深入每个学科，针对学科特点制定符合科研工作实情的评价指标，“外行指导内行”的现象在科研评价领域尤为常见。2022 年 11 月科技部等部门针对评价方式创新不到位、用人单位评价制度建设不到位等突出问题开展科技人才评价改革试点工作[5]。

本文以科研过程为考察对象，设计了科研过程多元评价平台，建立了基于 ICDP 方法的科研过程多元评价体系，并构建模糊算子进行主观模糊综合评价，通过客观评价和主观评价的结果进行参与主体评价计算。提出了“顶层设计—实施方法—实施周期—激励下达部门”结合的多元立体激励方案，探索了贡献度衡量、利益衡量和利益分配之间的关系。

2 科研过程评价及激励研究现状

2.1 科研过程评价研究现状

科研过程评价是以科研过程为考察对象，通过科研人员在其中所做贡献进行评价的方法。随着协作研究的快速发展，科研成果参与人数越来越多，为深入科研过程考察作者的真实贡献，以《Nature》、《Cell》为代表的期刊提出了作者贡献声明，用于考察作者在科技论文产出过程中做出的贡献。美国化学会、国际医学期刊编辑委员会、美国社会学协会等[6-8]根据所在学科的实际情况，制定了相应的贡献构成要素。哈佛研讨会在 2012 年探讨总结了作者身份的定义不明确、无确定个人贡献等 9 项与作者身份相关的问题[9]。但是这种尝试深入科研过程的方法，只能通过文章结尾的“作者贡献声明”考察科研成果中的作者贡献，没有可信评价依据，无法深入真实科研过程考察作者贡献的真实性。问卷调查发现，68.7%的科研人员认为“作者贡献声明”只能部分反映科研人员的贡献。

为探索深入科研过程的评价体系，需要开展科研过程评价基础平台建设的研究。李玉玲[10]提出了以学科服务和科技查新为契机，构建嵌入科研全过程的信息服务模式，以华南理工大学图书馆为例，探索了在科研项目立项、研究、结题和转化过程中提供全程信息服务的模式。李文侠[11]等研究了大数据环境下精准嵌入科研过程各环节的模式，并对其中的数据搜集、数据处理、数据集成和形成知识产品提供给用户的过程进行论述。林艺山等[12]根据高校科研用户在科研生命周期全过程的服务需求，从服务层、协作层、数据层和资源层阐述了平台的构建方法。刘桂锋等[13]通过对国际科研数据评价体系的分析和比较，参考数据生命周期理论，构建了科研数据开放平台评价指标体系。

2.2 科研激励研究现状

合理的科研激励能够有效调动科研人员主观能动性。国外相关研究起步较早，主要集中在绩效评估、激励模式等方面。科研管理学会国际联盟提出了基于科研全过程的负责任评价 SCOPE 原则，认为负责任的科研评价体系应适用于协作体系（包括跨学科和跨机构），减少参与者的行政负担、避免产生不当激励[14]。Chakoli 等[15]通过文献、问卷和访谈等方法，构建了工程、自然科学、人文和社会科学以及医学领域的研究人员绩效评估体系，并获得了各自领域论文、专著、专利的权重、数值和比率。Aleksandrova 等[16]发现制定新的绩效和效率评估标准的激励体系，对生物医学领域发表活动起到正向作用。Lindner 等[17]研究发现目前的文献计量学激励机制将阻碍创新研究，而对方法的质量和结果的可重复性、思想的创新性和多样性评估可以作为提高科学进步和激励的措施。Viiu 等[18]评估了文章作者在罗马尼亚研究结果奖励计划（PR3）中获得经济奖励的 10,000 篇文章的实际引用影响力，结果表明对作者的经济激励有助于提高发文量，但却无法保证最终效果。

我国的科研激励研究主要集中在人员激励机制和收入分配等方面。Suo[19]研究发现以论文的数量和质量作为衡量科研人员学术表现、晋升和科研经费的重要指标，使中国2000多所高校和研究院所普遍面临着发文压力，致使中国的学术影响力迅速提升，但也出现了较多学术不端的行为。柳广舒等[20]通过构建研究生科研自我效能和创新动能理论框架，发现激励制度中的规范性压力对研究生创新动能具有正向显著影响。刘新民等[21]以提升科研绩效为目标，构建了校方与教师个体之间的委托—代理模型，求解得出高校的最优激励策略。董婷梅等[22]以过程视角为研究路径，探讨了科研院所与科研人员的激励困境与理论研究，针对性提

出了特定的治理优化路径，以期提高各类科研人员的激励有效性。陈洪海、李海林等[23-24]基于过往研究中因子、指标设计出现的问题，研究了信息贡献率、时间序列聚类的科研成果关键词等的评价指标筛选与赋权方法。

2.3 小结

通过“作者贡献声明”描述的作者贡献进行科研过程评价的研究，以及科研过程评价平台建设的实践探索和理论研究已有探索，但鲜见学者以过程为对象开展科研过程评价的研究。国内外对科研激励的研究较多，但多以论文、专著、专利等科研成果的数量和质量作为考核对象，以科研过程为考核对象的科研激励研究更是该领域的空白。为改变科研评价中存在的重物轻人、不注重人在科研中发挥价值的现象[25]，需要从根本上变革以评价科研成果为导向的评价体系，建立深入科研过程的科研评价体系，从而实现科研人员的正向激励。

本文构建了科研过程多元评价体系并适配了相应的平台，以化学化工学科为例建立了基于科研过程的评价指标，并对参与主体进行了评价计算。该体系在考察科研过程客观评价因素的基础上，充分衡量专家主观评价意见，评价维度更加全面。在此基础上，提出了基于科研过程的激励体系和利益分配方法，对参与主体的工作内容和贡献程度进行合理激励。

3 科研过程多元评价体系基础

3.1 科研过程多元评价平台

科研过程多元评价平台解决了科研过程评价时缺少支持评价体系基础平台的问题，同时为构建数字科研环境提供解决方案。基于科研过程的多元评价平台以研究院所统一身份认证为入口，提供人员权限、科研过程管理、科研过程评价等功能，系统机构见图1。开发环境：服务器端ASP.NET C#；前端HTML+CSS3+JSON等，数据库环境：MySQL，运行模式：B/S。

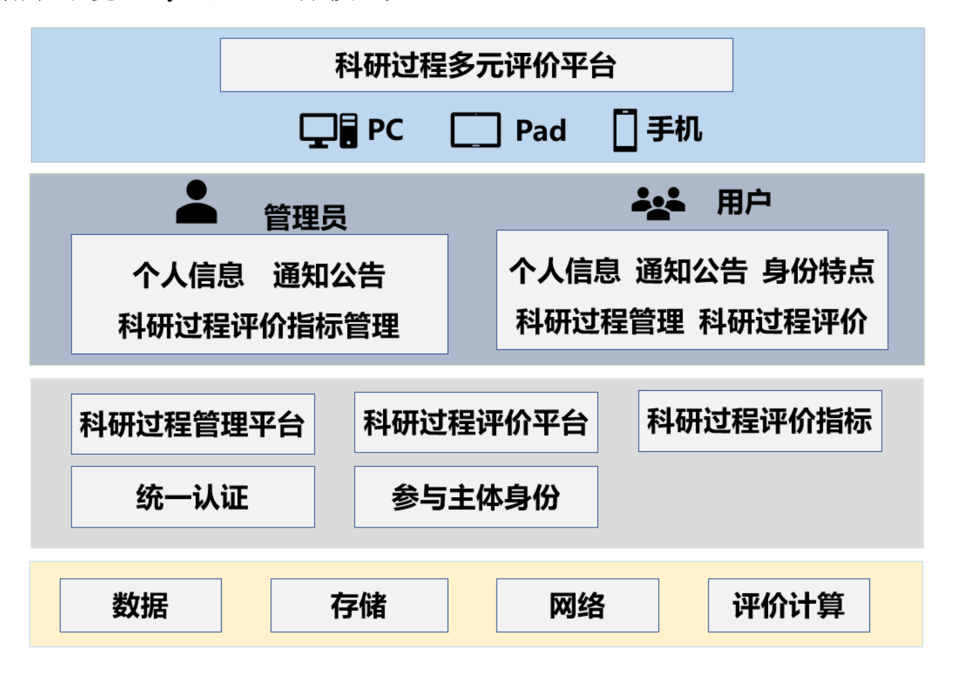


图 1 科研过程多元评价平台系统架构图

科研过程多元评价平台主要功能包括人员管理、身份特点管理、课题组管

理、科研过程管理、评价计算及通知公告，见图2。人员管理包括管理员和普通用户两种角色，管理员负责系统维护和科研过程指标管理，普通用户参与科研过程维护和科研评价。课题组管理功能是按照课题组类型进行人员和事务管理，可以选择是否对外公开。互动协同提供的信息交流平台，用户之间可以进行科研交流和协作。科研过程管理用于记录科研过程学科分类、科研类型（基础研究、应用研究等）、科研过程阶段以及科研过程进度。评价计算功能是科研过程多元评价平台的重要功能，包括客观评价指标、主观评价指标以及专家评价后构建的模糊算子，结合科研过程管理和身份特点管理开展科研过程多元评价。

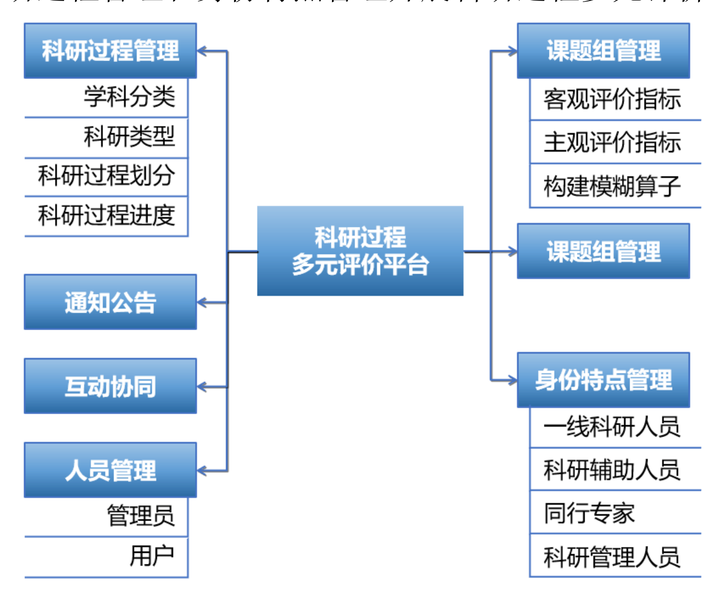


图 2 科研过程多元评价平台功能图

3.2 参与主体

（1）一线科研人员

一线科研人员是科学发展进步的主体，也是科研成果产出的主要承担着。主要包括学生、专任技术人员等直接参与一线研究的群体，约占参与主体的70~80%[26]。但由于传统的评价体系主要依据科研成果进行评价，可能导致科研工作成效难以定量评价、成果贡献分割难度大、成果署名滥用等问题。科研过程评价平台通过客观和主观评价相结合的方式，给予一线科研人员合理的评价。

（2）科研辅助人员

科辅人员除了承担的部分科研工作外，可能还要承担仪器设备管理、实验教学、实验材料或仪器采购等工作[27]。由于科辅人员岗位职责不清晰，传统的科研评价体系并未针对此类人群建立评定标准和程序。科研过程评价平台可以记录科研辅助人员在科研过程中的工作，科研管理人员可以通过评价结果优化科研辅助人员的工作内容，实现科研过程的正向反馈。

（3）同行专家

同行专家是指在某一具体学科或专业领域具有较高学术造诣的专家学者[28]。在传统的科研评价体系中，无法直接体现同行专家对科研成果完善发挥的作用。在科研过程评价体系中，同行专家作为评判科研活动和科研成果的重要力量，对科研活动的研究方向和科研成果的改进方法提出中肯的建议，科研过程评价平台能够记录这种干预动作，同行专家在其中的贡献也将有迹可循。

（4）科研管理人员

科研管理人员对项目推进和科研成果稳定产出起到了关键作用，但该群体类型复杂，传统评价模式无法客观评价所有科研管理人员的贡献。例如，获取研究资助的人员可以在科研成果中以资助的角色出现，但负责团队管理及组织协调的人员与科研辅助人员类似，无法直接呈现在科研成果中，上升和晋升障碍也是这类人员担心的主要问题。通过细分该人群在科研过程中扮演的角色，能够完善科研管理人员的评价机制。

3.3 互动与协同

科学研究的一般过程呈现非线性，如数据存储、数据分析、数据描述等处于并行状态[29]。参与主体在科研过程中通过互动和协同进行信息交互，产生信息流（图 3）。在同一科研过程中，信息流通过科研阶段的过渡进行横向传递，参与主体在不同科研过程中产生的信息流在多个科研过程中进行纵向流通，实现科学研究向深度和广度不断拓展。

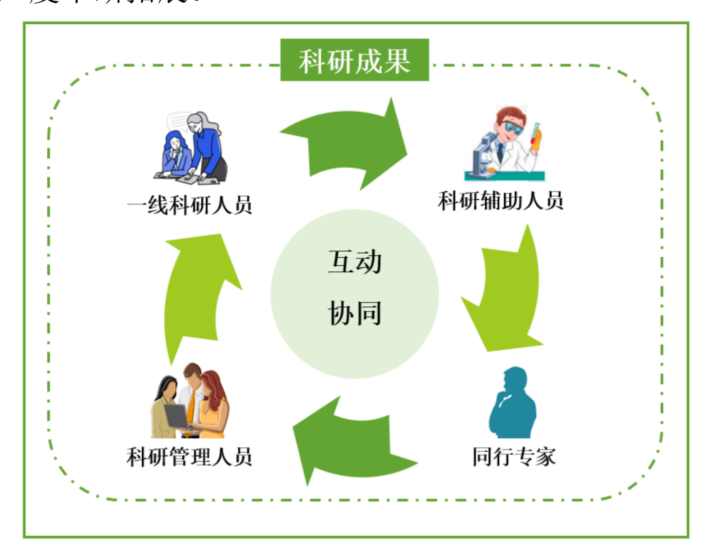


图 3 参与主体在科研过程的信息流

（1）互动机制

现代信息技术的发展变迁也在深刻影响参与主体间的互动机制，即传统的层状结构向立体网状结构演进（图4）。网络和即时通信工具的普及加速了参与主体间的信息流动，参与主体间的诉求和建议也更容易在高速的信息互通过程中，碰撞出新的思维火花。传统评价体系无法有效评价这种互动方式，单一主体间的交流动能受到遏制，进而形成学科内部的信息孤岛。计算机相关学科作为先行者，为其他学科提供了良好的学习样本。GitHub、Kaggle、CSDN、Coding等开源网站为计算机从业者提供了可供查询的新方法和解决方案，反过来计算机从业者也有热情在开源网站上发布可供他人学习的新方法和解决方案。借助现代高速发展的网络，世界各地的顶尖学者和工程师可以高效地完成技术和方法迭代，这些开源网站也得到了众多企业和高校的认可，进一步推动了相关从业者间的互动。科研过程多元评价平台参考这种互动机制，参与主体共同完成科研过程a，科研过程n通过互动机制与科研过程a、科研过程b进行信息交互，最终构成科研过程的网状互动机制。

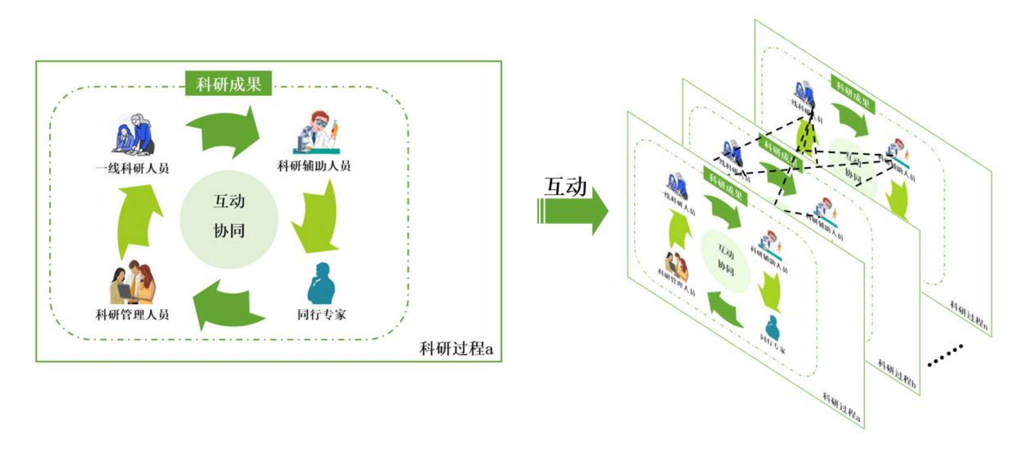


图 4 科研过程网状互动机制

（2）协同机制

随着互联网技术的普及，科研过程间的复杂协同机制可以通过“横向、纵向协同”机制实现（图 5）。其中，横向协同机制与传统评价方式底层逻辑类似，是完成同一科研过程时进行合作的方式，包括科研指导、科研想法交流等。在这种场景下，评价主体可能在同一科研过程中同时承担多个角色，或与其他主体合作共同完成某一科研过程。

对于研究周期较长的项目（如绘制基因谱图或建设物化特性数据库），通常需要耗费大量时间、投入大量人力，参与项目的人员可能经历了几轮“换血”。这种基础研究工作短时间内无法产生科研效益，但产生的项目成果可为将来其他研究提供研究基础。目前我国处于科技发展的关键时期，需要大力支持基础研究和应用基础研究的发展，但当前无法记录及合理评价其中的复杂关系。纵向协同机制可以记录基础研究对其他研究产生的作用，为参与主体提供发展保障，也将为前期参与部分项目的人员提供科研证明。通过纵向协同机制持续记录这种协同作用，激励科研人员在本领域内深耕，为常年“坐冷板凳”的科研人员提供可信的科研贡献依据。横向、纵向协同机制相互关联，通过科研人员将各科研过程联系在一起形成科研协同网络。

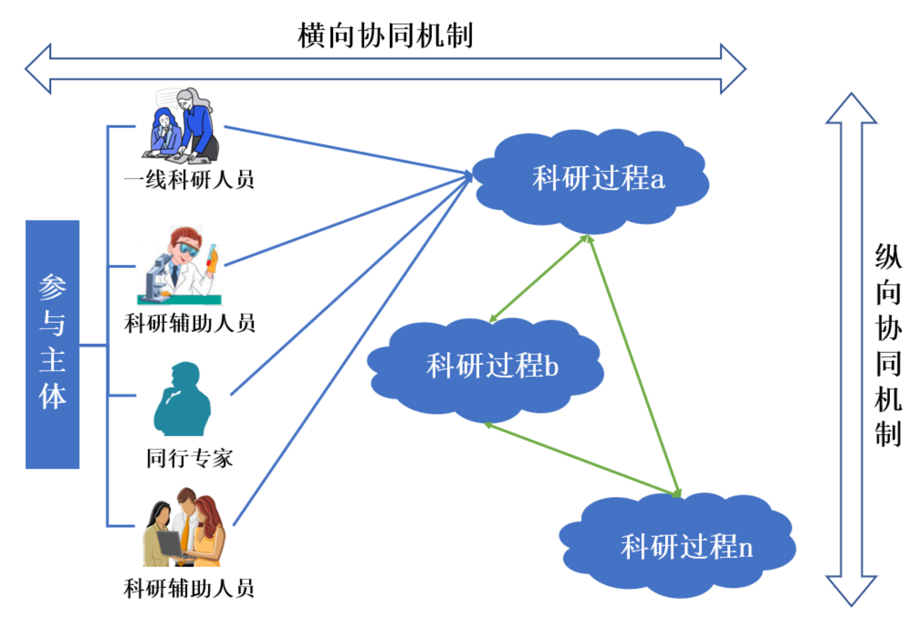


图 5 科研过程协同机制

4 基于 ICDP 方法的科研过程多元评价体系

任何计量指标，无论多么出色的实现了预期目标，其作用都是有限的[30]。科研过程多元评价应当充分征求专家的意见，除了设置科研过程的客观指标外，还需要借助专家主观判断能力设置主观考评指标。科研过程多元评价体系根据参与主体的身份特点（Identity），采用主客观评价相结合的方式（Combination of Subjectivity-objectivity），充分考虑考核对象所在学科的特点（Discipline）进行科研过程评价（Process），简称为 ICDP 方法。

4.1 指标体系内容

中科院某重点实验室主要从事化学化工领域研究，具备基础研究和应用研究实验条件。针对该重点实验室研究领域，对科研过程进行阶段划分为研究设计、开展实验、数据过程、科研成果展现、组织管理。采用ICDP方法对某重点实验室进行科研过程评价指标体系构建。为使指标体系具有较强的说服力与适用性，根据初步构造的指标体系，采取现场访谈的方式获取了该重点实验室8名研究人员的意见，确立了适用于基础研究、应用研究的科研过程评价指标权重。

指标体系确定后向专家放发调查问卷确定判断矩阵，并计算获得各层次指标的权重系数，根据实验室实际需求建立了科研过程多元评价指标体系及指标权重分配，如表1-2所示。其中三级指标的具体含义如表3所示。

表 1 基础研究科研过程评价指标权重

一级指标	权重	二级指标	权重	三级指标	权重
客观评价 Eo	0.4	科研成果产出过程 AP	0.3	研究设计 AP_1	0.086
				开展实验 AP_2	0.066
				数据过程 AP_3	0.060
				科研成果展现 AP_4	0.053
				组织管理 AP_5	0.035
		科研成果曝光度 AE	0.1	学术论文或专著 AE_1	0.060
				专利 AE_2	0.030
				科研成果受关注度 AE_3	0.010
主观评价 Es	0.6	科研过程贡献 PC	0.4	对课题贡献 PC_1	0.250
				对本领域贡献 PC_2	0.100
				对其他学科贡献 PC_3	0.050
		科研过程潜力 PP	0.2	科研创新度 PP_1	0.150
				成果转化潜力 PP_2	0.050

表 2 应用研究科研过程评价指标权重

一级指标	权重	二级指标	权重	三级指标	权重
客观评价 Eo	0.4	科研成果产出过程 AP	0.3	研究设计 AP_1	0.084
				开展实验 AP_2	0.072
				数据过程 AP_3	0.051
				科研成果展现 AP_4	0.053
				组织管理 AP_5	0.040
		科研成果曝光度 AE	0.1	学术论文或专著 AE_1	0.025
				专利 AE_2	0.020

				示范工程、大型装置 AE_3	0.040
				科研成果受关注度 AE_4	0.015
主观评价 Es	0.6	科研过程贡献 PC	0.3	对本课题贡献 PC_1	0.150
				对本领域贡献 PC_2	0.100
				对其他学科贡献 PC_3	0.050
		科研过程潜力 PP	0.3	科研创新度 PP_1	0.100
				成果转化潜力 PP_2	0.200

表 3 三级指标含义

三级指标	指标含义
研究设计	包括科研想法的提出，前期调研及研究方案设计
开展实验	参与实验方案设计，实验准备，前期模拟计算及开展实验
数据过程	包括数据收集、处理、分析或解释，实验结果验证
科研成果展现	对科研过程的总结、归纳并展现给公众的有形成果
组织管理	包括组建研究团队，获取研究资助，提供、管理、组织协调资源
学术论文	通过科研过程撰写的学术论文数量≥1
专利	通过科研过程获得的专利数量≥1
示范工程、大型装置	完成示范工程或大型装置建设，并通过阶段验收
科研成果受关注度	科研成果得到官方媒体报道的数量≥1
对本实验室贡献	科研过程对本实验室的经济、论文等有形或无形贡献
对本领域贡献	科研过程对本领域其他同类研究产生的贡献
科研创新度	科研过程的创新性
成果转化潜力	科研过程产生的成果转化成社会生产力的潜力

4.2 总体评价计算方法

将科研过程多元评价的结果设为 E，即客观评价 Eo 与主观评价 Es 结果的和。客观评价方法如下，当科研过程有明确的产出成果（学术论文、专著、专利等）时，科研成果产出过程 AP 默认获得全部权重，科研成果曝光度 AE 根据成果所在权重进行计算。若该科研过程正在进行中，通过判断该研究进行的阶段进行加权，科研成果曝光度 AE 不进入计算。例如当前研究进行到数据过程阶段，则计算当前已完成部分的权重，即$Eo = AP = AP_1 + AP_2$。

主观评价通过构建模糊算子进行模糊综合评价，根据模糊综合评价的步骤，将主观评价中的评价等级划分为 5 级，分别为优秀、良好、合格、较差、很差。采用专家打分的方式建立评价集合隶属矩阵，将三级指标集合与对应权重矩阵加权，根据最大隶属度值确定二级模糊评价结果加权后获得主观评价结果。加权计算方法为$C = W \times M$。其中 W 为各指标权重矩阵，M 为隶属度矩阵。

例如现场有 5 位专家参与基础研究的科研过程 A 评价，其中 3 位专家评价为优秀，1 位专家评价为良好，1 位专家评价为合格。则优秀的隶属度为 0.6，良好的隶属度为 0.2，合格的隶属度为 0.2，隶属度矩阵为（0.6，0.2，0.2，0，

0)。以科研过程 A 的主观评价为例，介绍模糊综合评价法的具体过程及评价结果。科研过程 A 主观评价的指标隶属度如表 4 所示。

表 4 科研过程 A 主观评价的指标隶属度

评价指标	隶属度
对本课题贡献	(0.8, 0.2, 0, 0, 0)
对本领域贡献	(0.2, 0.6, 0.2, 0, 0)
对其他学科贡献	(0.2, 0.6, 0.2, 0, 0)
科研创新度	(0.2, 0.8, 0, 0, 0)
成果转化潜力	(0.4, 0.6, 0, 0, 0)

（1）二级模糊评价

基础研究科研过程贡献的模糊评价矩阵如下：

$$M_{PC}=\begin{bmatrix}0.8 & 0.2 & 0 & 0 & 0\\ 0.2 & 0.6 & 0.2 & 0 & 0\\ 0.2 & 0.6 & 0.2 & 0 & 0\end{bmatrix}$$

各指标对应的权重向量$W_{PC}=(0.25\quad 0.1\quad 0.05)$，科研过程贡献综合评价的向量如$C_{PC}$，根据最大隶属度值原则，科研过程贡献$PC=0.23$：

$$C_{PC}=W_{Pc}\times M_{PC}=(0.23\quad 0.14\quad 0.03\quad 0\quad 0)$$

基础研究科研过程潜力的模糊评价矩阵如下：

$$M_{PP}=\begin{bmatrix}0.2 & 0.8 & 0 & 0 & 0\\ 0.4 & 0.6 & 0 & 0 & 0\end{bmatrix}$$

各指标对应的权重向量$W_{PP}=(0.15\quad 0.05)$，科研过程潜力综合评价的向量如C_{PP}，根据最大隶属度值原则，科研过程潜力$PP=0.15$：

$$C_{PP}=W_{PP}\times M_{PP}=(0.05\quad 0.15\quad 0\quad 0\quad 0)$$

（2）主观评价结果

二级模糊评价计算已经获得了科研过程贡献 PC、科研过程潜力 PP，科研过程 A 的主观评价结果即为二级模糊评价 PC、PP 求和的结果为$Es=0.41$。

4.3 参与主体评价计算

科研过程参与主体身份多样，对科研过程的贡献程度不同，无法采用均分的方式评价参与主体。通过现场访谈的方式获取了该重点实验室 8 名研究人员的意见，确认科研成果产出过程中的参与主体身份权重，如表 5 所示，将表格转化为矩阵 SP 如式 1。其中访谈人员身份覆盖一线科研人员、科研辅助人员、同行专家及科研管理人员。

表 5 科研成果产出过程参与主体身份权重

	一线科研人员 SP_1	科研辅助人员 SP_2	同行专家 SP_3	科研管理人员 SP_4
研究设计	0.5	0	0.5	0
开展实验	0.5	0.5	0	0
数据过程	0.6	0.3	0.1	0
科研成果展现	0.6	0	0.4	0
组织管理	0	0.5	0	0.5

$$SP = (SP_1 \quad SP_2 \quad SP_3 \quad SP_4) = \begin{bmatrix} 0.5 & 0 & 0.5 & 0 \\ 0.5 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0.6 & 0.3 & 0.1 & 0 \\ 0.6 & 0 & 0.4 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0 & 0.5 \end{bmatrix} \quad 式 1$$

由表 1 中的基础研究获得科研成果产出过程权重向量 $AP_b = (0.086 \quad 0.066 \quad 0.060 \quad 0.053 \quad 0.035)$，将权重向量与参与主体身份权重矩阵相乘，得到参与主体身份权重向量 IB，将向量 IB 归一化后即为参与主体在基础研究中的贡献向量 IBn。

$$IB = AP_b \times SP = (0.1438 \quad 0.0685 \quad 0.0702 \quad 0.0175)$$

$$IBn = (0.479 \quad 0.228 \quad 0.234 \quad 0.059)$$

同理，由表 2 中的应用研究获得科研成果产出过程权重向量 $AP_a = (0.084 \quad 0.072 \quad 0.051 \quad 0.053 \quad 0.040)$，将权重向量与参与主体身份权重矩阵相乘，得到参与主体身份权重向量 IA，将向量 IA 归一化后即为参与主体在应用研究中的贡献向量 IAn。

$$IA = AP_a \times SP = (0.1404 \quad 0.0713 \quad 0.0683 \quad 0.0200)$$

$$IAn = (0.468 \quad 0.238 \quad 0.227 \quad 0.067)$$

在专家完成科研过程多元评价后，参与主体根据科研性质、身份特点获得的相应的评价。具体计算方法如下，通过 4.2 的方法计算科研过程多元评价结果 E，若参与主体 n 开展基础研究，则分配的评价系数即为$E_n = E \times IBn_n$；若参与主体 n 开展应用研究，则分配的评价系数即为$E_n = E \times IAn_n$。

5　多元激励体系与利益分配

5.1　多元立体激励体系

研究团队内部划定科研项目优先级，以参与主体对科研过程所做贡献为依据，采用目标激励、奖金设置和科技成果转化作为激励机制，提出“顶层设计—

实施方法—实施周期—激励下达部门”相结合的解决方案，构建多元立体激励体系（图 6）。其中科学界或社会需要给予科研人员更多的关注，对于在某领域做出突出贡献的科研工作者或团队，除目前已设立的荣誉称号外，还要增设更多特殊贡献称号、特殊贡献奖金、破格晋升提名制等目标激励，激发科研人员的研究意愿。

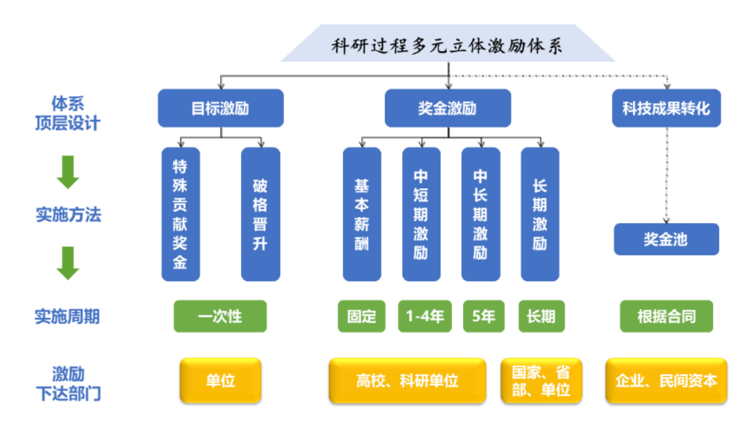


图 6 科研过程多元立体激励体系

在奖金设置方面，由于科研院所多以事业单位形式运营，可以通过基本薪酬、中短期激励、中长期激励和长期激励的方式对科研人员进行奖励。其中基本薪酬属于固定收入，目前科研人员基本薪酬普遍偏低，应根据实际情况适当提高。中短期激励属于浮动收入，与研究人员对研究团队所做贡献挂钩，可细分为年终奖、项目专项奖等奖励。中长期激励期限为 5 年，针对研究周期较长的科研人员可适当增加奖励，根据课题开展情况滚动增减。长期激励主要由国家、单位牵头设置，对某一科研领域做出特殊贡献的科研人员和团队授予荣誉称号和奖励，这种激励措施已经相对规范，未来需要增加更多的称号和奖励名目。需要注意的是，奖金激励应该规避不合理的薪酬倒挂等问题，促进内部的良性竞争。

科技成果转化作为多元立体激励体系的有效补充，既是科研贡献的有效证明，也可以作为激励体系的延伸。其中，2019 年全国 3000 多家高校院所转化科技成果的合同项数较上年增长 32%，科技成果转化市场需求旺盛[31]。但由于科研主体所在高校和科研院所涉及事业单位国有资产处置问题，股权和分红权缺乏法律和制度保障，科技成果转化收益分配激励难以落地[32]。基于科研过程的多元立体激励体系，为科技成果转化时科研主体的贡献占比提供参考依据，可填补股权和分红权凭证缺失的空白。广大科研工作者和科研单位应抓住企业发展改革的“风口”，寻找研究课题与市场情况和企业需求的“平衡点”。

5.2 利益分配方法

随着科学研究的不断深入，跨学科、跨机构的互动协作日趋频繁，若无法制定合理的利益分配制度，可能因利益分配不公造成合作破裂，阻碍科学研究的进步。本研究提出基于科研过程的利益分配方法，可细分为贡献度衡量、利益衡量和利益分配等内容（图 7）。利益分配建立在贡献度衡量的基础上，通过衡量科研主体与有形资产、无形资产关系实现合理的利益分配。辩证处理以上环节将有效保障各方利益，促进科研生态的可持续发展。

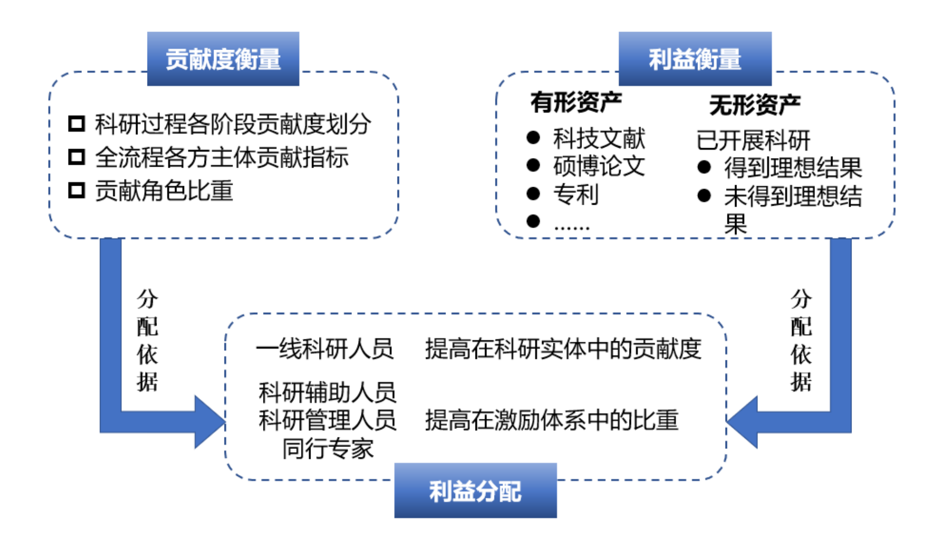


图 7 利益分配方法示意图

贡献度衡量即科研过程中涉及的参与主体对科研的贡献程度，是科研过程利益分配的重要依据，主要涉及科研过程各阶段贡献度划分、全流程各方主体的贡献指标、贡献角色比重。以中科院某重点实验室为例，贡献度衡量可以基于 ICDP 方法进行科研过程多元评价，采用 4.3 节中提出的参与主体评价计算方法进行贡献度衡量，即贡献度衡量结果为E_n。

利益衡量是对科研过程中产生的科研成果的衡量，可以分为有形资产、无形资产。有形资产包括科技文献、专利等成体系的科研实体，在科研实体基础上申请的项目或基金，以及为科学研究配置的其他有形实验条件。无形资产是可为将来科学研究提供经验和案例的已开展科研过程，包括未得到理想结果和得到理想结果的科研过程。

利益分配以贡献度衡量和利益衡量作为分配依据，分配对象通常为科研实体、项目或基金。其中，一线科研人员对单个科研过程贡献较大，且亟需通过科研成果的积累提高其在学界的曝光度，因此可以适当提高这类人群在科研实体中的贡献度，如上调其在科研成果中的排次等。科研辅助人员、科研管理人员和同行专家可能常年承担多项科研任务，增加科研实体的贡献度对这类人群的意义不明显，应适当提高其在激励体系中的比重，鼓励其积极参与目标激励、奖金设置和科技成果转化的分配。

6 启示与建议

6.1 加大面向科研过程的科研评价研究政策支持力度

面向科研过程的科研评价研究具有较强的探索性、前瞻性，国家应充分发挥宏观调控和战略布局作用，在支持常规科研评价研究的同时，积极推进非常规范式的科研过程科研评价研究。①提高科研过程的重视程度，弱化科研论文在科研评价中的主导地位。科研过程作为科学发展进步的基础，应在未来上调科研过程在科研评价中的比重，呵护科研成长、宽容失败，鼓励科研人员开拓新领域，为科研人员营造良好的科研氛围。②探索符合学科特性的科研过程评价政策。强化国家政策保障，根据学科特点制定科研过程评价体系，支持在某领域有代表性的单位开展科研过程评价试点工作。

6.2 提高数字化在科研评价中的参与深度

数字化作为一种突破性技术在科研评价中的应用仍有较大发展空间，科技政策应立足当下、着眼未来，提高科研评价的数字化研究支持力度。①搭建科研评价平台，完善科研管理专家及学科专家人才数据库。应打破科研管理与学科人才之间的壁垒，在政策上支持科研管理专家与学科专家间的沟通，激励学科专家参与科研评价体系建设。②夯实学科分类的科研评价数据库。例如，同样归属自然科学的数学与化学学科科研过程阶段不一致，论文发表难度不一致，因此无法采用统一标准开展科研评价，完善学科分类的科研评价体系意义巨大。③支持开展动态科研评价平台建设。社会对某一科研重要性的认识程度是随着时间变化的，一篇优秀研究成果的影响力可能要在十几年后才能显现，建设数字化的实时动态评价平台为持续合理的科研评价提供基础。

6.3 探索多元化的科研激励政策

科研院所应正视当前评价体系中科研激励策略的局限性和保守性，探索适用于我国科研现状的科研激励政策。①科研院所应积极探索，建立符合本单位学科特点和人才特点的科研激励策略。推进人才激励体系多样化，为特殊贡献科研人员提供特别激励，鼓励科研单位通过建设适应学科发展、解决科技发展难题、突破国外技术封锁的人才激励体系，及时发现和培养优秀科研人员。②国家应积极调整顶层设计，推广试点单位中的优秀经验。推动建立试点单位与广大科研单位的交流学习机制，不断优化多元化的科研激励政策。

参考文献：

[1] 邱均平，张裕晨，周子番. 新时代我国科研评价体系重构中必须处理好八大关系. 中国图书馆学报，2021，47(1):47-60. (Qiu Junping, Zhang Yuchen, Zhou Zifan. Eight Relationships in the Reconstruction of Scientific Research Evaluation System in China in the New Era. Journal of Library Science in China, 2021, 47(1):47-60.)

[2] 宋艳辉. 关于我国科研评价制度的思考. 评价与管理，2022，20(1): 118-118. (Song Yanhui. Reflections on China's scientific research evaluation system. Evaluation and Management, 2022, 20(1):118-118.)

[3] 方勇，侯正，苑怡，等. 国家杰出青年科学基金项目资助状况与绩效研究. 中国科学基金，2022，36(2):294-300. (Fang Yong, Hou Zheng, Yuan Yi. Review and Effectiveness Research of the National Science Foundation for Outstanding Young Scholars. Bulletin of National Natural Science Foundation of China, 2022, 36(2):294-300.)

[4] 邱均平，王姗姗. 以新发展理念引领科研评价新方向[J]. 评价与管理，2021，19(2): 74-75. (Qiu Junping, Wang Sansan. Leading the new direction of scientific research evaluation with the new development concept. Evaluation and Management, 2021, 19(2):74-75.)

[5] 习近平出席中央人才工作会议并发表重要讲话[EB/OL]. [2021-09-28]. http://www.gov.cn/xinwen/2021-09/28/content_5639868.htm. ((Xi Jinping attended the central talent work conference and delivered an important speech[EB/OL]. [2021-09-28]. http://www.gov.cn/xinwen/2021-09/28/content_5639868.htm.)

[6] Ethical Guidelines to Publication of Chemical Research[EB/OL]. [2021-04-20]. https://pubs.acs.org/userimages/ContentEditor/1218054468605/ethics.pdf

[7] Defining the Role of Authors and Contributors[EB/OL]. [2019-04-21]. http://www.icmje.org/recommendations/browse/roles-and-responsibilities/defining-the-role-of-authors-and-contributors.html
[8] Topic: Authorship Credit[EB/OL]. [2019-04-22]. https://www.asanet.org/teaching-learning/faculty/teaching-ethics-throughout-curriculum/topic-authorship-credit.
[9] “Report on the International Workshop on Contributorship and Scholarly Attribution”[EB/OL]. [2019-05-29]. http://projects.iq.harvard. edu/attribution_workshop
[10] 李玉玲. 面向科研过程的高校图书馆专利服务研究——以华南理工大学为例[J]. 中国高新科技, 2018, 0(18):115-117. (Li Yuling. Research on Patent Services in University Libraries for Research Processes - South China University of Technology as an Example. China High and New Technology, 2018, 0(18):115-117.)
[11] 李文侠, 崔光益, 潘占峰. 大数据环境下精准嵌入科研过程的学科服务案例分析[J]. 图书馆建设, 2020, 0(S01):173-176. (Li Wenxia, Cui Guangyi, Pan Zhanfeng. A case study of disciplinary services precisely embedded in the research process in a big data environment. Library Development, 2020, 0(S01):173-176.)
[12] 林艺山, 詹庆东. 面向科研过程的高校图书馆联盟学科服务平台的设计与实现——以 FULink 学科服务平台为例[J]. 国家图书馆学刊, 2022, 31(2):33-41. (Lin Yishan, Zhan Qingdong. Design and Implementation of Research-Oriented Subject Service Platform for Alliance of University Libraries——Taking FULink as an Example. Journal of The National Library of China, 2022, 31(2):33-41.)
[13] 刘桂锋, 张裕, 刘琼. 科研数据开放平台评价指标体系构建及案例研究[J]. 图书情报知识, 2019, 0(1):21-31. (Liu Guifeng, Zhang Yu, Liu Qiong. A Case Study of Evaluation Index System for Open Platform of Scientific Research Data. Documentation,Information and Knowledge, 2019, 0(1):21-31.)
[14] 徐芳, 代涛. 全过程多主体负责任评价的概念,内涵和关键问题[J]. 科学学与科学技术管理, 2021, 42(6):3-14. (Xu Fang, Dai Tao. The Concept, Connotation and Key Issues of Responsible Evaluation based on Multi-agent and Whole-process. Science of Science and Management of S.& T., 2021, 42(6):3-14.)
[15] Chakoli A N, Ghazavi R. Normalization and Valuation of Research Evaluation Indicators in Different Scientific Fields[J]. Journal of Information Management, 2016, 4(1):21-29.
[16] Aleksandrova N V, Shkolnikova M A, Dlin V V, et al. Stimulation of Research in Biomedicine. Role of Effective Contract[J]. Vestnik Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk, 2016, 71(5):397-405.
[17] Lindner M D, Torralba K D, Khan N A. Scientific productivity: An exploratory study of metrics and incentives[J]. Plos One, 2018, 13(4):1-16.
[18] Viiu G A, Punescu M. The citation impact of articles from which authors gained monetary rewards based on journal metrics[J]. Scientometrics, 2021, 126(6):4941-4974.
[19] Suo QH. Chinese Academic Assessment and Incentive System[J]. Science and Engineering ethics, 2016, 22(1):297-299.
[20] 柳广舒, 刘俊伯, 陈渝, 等.科研激励制度对研究生创新动机的影响研究——以自我效能为中介[J]. 昆明理工大学学报：自然科学版, 2021, 46(2):151-162. (Liu Guangshu, Liu Junbo, Chen Yu, et al. The Effects of Research Incentive System on Postgraduates’ Innovation Motivation--Take Self-efficacy

as an Intermediary. Journal of Kunming University of Science and Technology(Natural Science), 2021, 46(2):151-162.)
[21] 刘新民, 俞会新. 地方高校教师科研绩效激励机制优化设计研究[J]. 技术经济, 2020, 39(11): 175-182+191. (Liu Xinmin, Yu Huixin. Research on the Incentive Mechanism of Scientific Research Performance of Local Universities Teachers. Journal of Technology Economics, 2020, 39(11): 175-182+191.)
[22] 董婷梅, 李柳杰. 基于过程视角下广西科研院所与科研人员激励机制研究[J].内蒙古科技与经济, 2021, 7(0):22-24. (DONG T M, LI L J. Research on incentive mechanism of research institutes and researchers in Guangxi based on process perspective. Inner Mongolia Science Technology and Economy, 2021, 7(0):22-24.)
[23] 陈洪海, 王慧, 隋新. 基于信息贡献率的评价指标筛选与赋权方法[J]. 科研管理, 2020, 41(8): 240-247. (Chen Honghai, Wang Hui, Sui Xin. Evaluation indicator screening and weighting method based on information contribution ratio. Science Research Management, 2020, 41(8):240-247.)
[24] 李海林, 林春培. 基于时间序列聚类的科研成果关键词分析方法[J]. 科研管理, 2022, 43(1): 176-183. (Li Hailin, Lin Chunpei. An analysis of keywords of research achievements based on time series clustering. Science Research Management, 2022, 43(1):176-183.)
[25] 哈巍,于佳鑫. 辅助人员对科研生产力的影响——以中国科学院为例[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2019, 37(1):83-94. (Ha Wei, Yu Jiaxin. The Effects of Administrative Support on Faculty Research Productivity:An Analysis of Chinese Academy of Sciences. Journal of East China Normal University(Educational Sciences) , 2019, 37(1):83-94.)
[26] 陈文博, 张珏. 大学生师规模、比例与学术产出的关系研究 ——基于 58 所教育部直属高校 2007—2018 年间的校际面板数据分析[J]. 湖南师范大学教育科学学报, 2021, 20(5):111-122. (Chen Wenbo, Zhang Jue. A Research on the Relationship between the Scale,Ratio and Academic Output of Students and Teachers in Research Universities--Based on the Intercollegiate Panel Data Analysis of 58 Universities Directly under the Ministry of Education from 2007 to 2018. Journal of Educational Science of Hunan Normal University, 2021, 20(5):111-122.)
[27]高校科研辅助人员生存隐忧：收入低等致行业人才缺乏[EB/OL]. [2017-05-15]. https://news.cnr.cn/native/gd/20170515/t20170515_523755623.shtml. (Survival of university research support staff hidden worries: low income, etc. to the lack of industry talent[EB/OL]. [2017-05-15]. https://news.cnr.cn/native/gd/20170515/ t20170515_523755623.shtml.)
[28] 史万兵, 曹方方. 高校社会科学教师科研评价主体权力配置及其运行机制研究[J]. 东北大学学报(社会科学版), 2017, 19(3):312-318. (Shi Wanbing, Cao Fangfang. On the Subject Power Allocation and Its Operating Mechanism of Scientific Research Evaluation of University Teachers in Social Sciences. Journal of Northeastern University(Social Science), 2017, 19(3):312-318.)
[29] 杨燕, 阮建海. 基于科研过程的科学数据安全行为研究[J]. 知识管理论坛, 2019, 0(4):218-231. (Yang Yan, Ruan Jianhai. Research on Scientific Data Security Behavior Based on Scientific Research Process. Knowledge Management Forum, 2019, 0(4):218-231.)
[30] Wang D, AL Barabási. The Science of Science[M]. 2021.
[31] 中国科技评估与成果管理研究会.中国科技成果转化年度报告 2020(高等院校与科研院所篇)[M]. 北京:科学技术文献出版社, 2021. (China Association of Science and Technology Evaluation and Management of Scientific and Technical Achievement. Annual Report on the Transformation of Scientific and Technological Achievements in China 2020 (Higher Education Institutions and Research Institutes). Scientific and Technical Documentation Press, 2021.)

[32] 郭英远，张胜. 科技人员参与科技成果转化收益分配的激励机制研究[J]. 科学学与科学技术管理，2015，36(7):146-154. (Guo Yingyuan, Zhang Sheng. The Incentive Mechanism of the Income Distribution of Scientific and Technological Achievements of Technical Personnel. Science of Science and Management of S.& T., 2015, 36(7):146-154.)

(通讯作者:钱力　E-mail: qianli@mail.las.ac.cn

刘会洲　E-mail: hzliu@ipe.ac.cn)

作者贡献声明*：

刘鲁静：提出研究思路，设计研究方案，论文起草，论文修订；

钱力：整理思路，论文修订；

刘会洲：论文修订；

* 作者贡献可分为以下内容：1）研究命题的提出、设计，包括某个具体观点或方法的提出；2）研究过程的实施，例如进行试验或调查；3）数据的获取、提供与分析；4）论文起草或最终版本修订。每个研究论文可以根据自己研究活动的特点进一步详细表述作者贡献。有些研究活动可能还涉及其他研究工作和贡献，可以进一步具体表述。在有多个作者署名的论文中，在论文最后必须注明每个作者在上述四个方面中的具体贡献。